

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА ЗОЛЫ ТЭС НА СВОЙСТВА ТАМПОНАЖНОГО ЦЕМЕНТА

Волкова Л.В., Капустин Ф.Л.

УрФУ

volkova_USTU@mail.ru

Тепловые электрические станции (ТЭС), используя для получения энергии твердое топливо, производят большое количество отходов (золы-унос и шлаки), которые скапливаются в отвалах и представляют серьезную опасность для окружающей природной среды (занимают большие площади, требуют значительных эксплуатационных затрат, являются источниками пылеобразования и отрицательно влияют на здоровье людей). Вопросы утилизации золошлаковых отходов с каждым годом становятся все более актуальными, так как в условиях дефицита природных ресурсов их применение целесообразно с целью ресурсосбережения.

Одним из основных направлений повышения качества цементирования газовых и нефтяных скважинах является разработка и внедрение многокомпонентных тампонажных растворов со специальными технологическими и функциональными характеристиками. В тампонажных цементах золу-унос тепловых электростанций целесообразно использовать для снижения доли энергоемкого материала, снижения плотности раствора и повышения сульфатостойкости цементного камня.

По результатам исследования физико-механических свойств тампонажных растворов с добавкой золы-унос от сжигания каменного и бурого углей нами разработаны требования к золам ТЭС (таблица) для использования в качестве минеральной добавки в составе тампонажных портландцементов [1].

Требования к золе-унос ТЭС для тампонажных цемента

Поз.	Наименование показателя	Значение
1	Содержание оксида кремния (SiO_2), мас. %, не менее	25
2	Содержание сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO_3 , мас. %, не более:	2
3	Потери массы при прокаливании, мас. %, не более:	5
4	Остаток на сите № 008, мас. %, не более:	25
5	Влажность, мас. %, не более	1

В дополнение к вышеперечисленным характеристикам, на свойства тампонажных портландцементов существенное влияние оказывает также содержание в золе ТЭС свободного оксида кальция ($\text{CaO}_{\text{своб}}$). Однако в научнотехнической литературе отсутствует научно обоснованный анализ влияния $\text{CaO}_{\text{своб}}$ в золе на свойства тампонажных растворов и камня на его основе.

Целью данной работы было изучение влияния количества $\text{CaO}_{\text{своб}}$ (от 0 до 11,8 %) на физико-механические свойства тампонажных растворов с различным содержанием золы-унос (15 и 30 %). При проведении экспериментов использовали золу-унос различных ТЭС, отличающиеся химическим составом и количеством $\text{CaO}_{\text{своб}}$. Установлено, что с увеличением количества золы-унос в составе тампонажного раствора водоотделение снижается в среднем в 1,2 раза. Водоотделение растворов максимально при содержании $\text{CaO}_{\text{своб}}$ 0,5...2,4 % и мини-

мально при количестве 9,8...11,8 %, так как известь является наиболее химически активным минералом и быстро связывается с водой в гидроксид кальция.

Увеличение в составе цементной смеси содержания $\text{CaO}_{\text{своб}}$ при добавлении 15 и 30 % золы-унос повышает плотность раствора. Составы тампонажных растворов, состоящие из портландцемента и золы-унос, при температуре 22 °С за 6 часов не загустевают до консистенции 30 Вс, при этом более медленно набирают консистенцию растворы с содержанием в золе-унос $\text{CaO}_{\text{своб}}$ до 2,4 %. Поэтому для использования разработанных тампонажных растворов при низких и нормальных температурах (до 50 °С) необходимо дополнительное применение в их составе добавок, повышающих вязкость.

При температуре 75 °С процесс загустевания тампонажного раствора происходит быстрее, чем при 22 °С, за счет ускорения химических реакций и образования продуктов гидратации цемента. Все составы, содержащие золу-унос с $\text{CaO}_{\text{своб}}$ менее 7,0 %, удовлетворяют требованиям ГОСТ 1581-96 «Портландцементы тампонажные. Технические условия» [2] по времени загустевания до консистенции 30 Вс. Однако, использование золы-унос, содержащей $\text{CaO}_{\text{своб}}$ более 7,0 %, в тампонажных растворах для умеренных температур, твердеющих при 75 °С, нецелесообразно по причине быстрого достижения ими требуемой консистенции (время загустевания не удовлетворяет требованиям ГОСТ 1581-96).

Тампонажные растворы с добавкой золы-унос, содержащей $\text{CaO}_{\text{своб}}$ более 7,0 %, характеризуются расширением цементного камня. Линейное расширение образцов в возрасте 2 суток, твердевших при температуре 22 °С, составляет 0,62 %, а при 75 °С – 1,87...8,75 %. Возможной причиной расширения цементного камня при твердении является гидратация свободных CaO и MgO и образование этtringита. При этом предел прочности при изгибе цементного камня, твердевшего при температуре 22 °С, незначительно снижается. С ростом температуры твердения до 75 °С при количестве $\text{CaO}_{\text{своб}}$ в золе в диапазоне от 0 до 7,4 % происходит снижение прочности, а увеличение извести до 11,8 % ее повышение значительно.

Таким образом, на основании проведенных исследований по влиянию количества золы-унос ТЭС и $\text{CaO}_{\text{своб}}$ в ней на физико-механические свойства тампонажных растворов могут быть рекомендованы следующие их составы:

- тампонажный раствор (универсальный) на основе тампонажного портландцемента ПЦТ 1-50 и золы-унос с содержанием $\text{CaO}_{\text{своб}}$ до 7,0% в количестве от 15 до 30 %, предназначенный для низких, нормальных и умеренных температур;

- расширяющийся тампонажный раствор, предназначенный для умеренных температур, на основе цемента ПЦТ 1-50 и золы-унос в количестве до 30 % с содержанием $\text{CaO}_{\text{своб}}$ от 8 до 10 % при условии введения добавок, замедляющих время загустевания. Линейное расширение цементного камня регулируется количеством введенной золы-унос ТЭС.

Библиографический список

1. Волкова Л.В., Капустин Ф.Л. Требования к золе ТЭС для использования в тампонажных цементах // Энерго- и ресурсосбережение. Нетрадиционные и возобновляемые источники

энергии: Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. С. 361-362.
2. ГОСТ 1581-96. Портландцементы тампонажные. Технические условия. Введ. с 01.10.1998. М.: ГУП ЦПП. 1998. 12 с.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ МНОГОФАКЕЛЬНОГО СЖИГАНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ТОПКАХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

*Горшенин А. С., Щелоков А. И.,
Самарский государственный технический университет
pt@samgtu.ru*

В коммунально-бытовых и промышленных установках, работающих на природном газе низкого давления, широко используются газовые инжекционные горелки частичного предварительного смешения с многоструйной раздачей газозвоздушной смеси в объем топки. Для распределения газозвоздушной смеси используются коллекторы из труб с отверстиями по длине. Равномерность раздачи газозвоздушной смеси по длине коллектора весьма важна, так как от этого фактора зависит заполнение топки продуктами горения и распределение тепловых потоков по тепловоспринимающей поверхности. Непременным условием выполнения этих требований является одинаковая длина для всей совокупности формирующихся элементарных факелов.

Коллектор постоянного поперечного сечения с равномерно распределенными по длине отверстиями всегда создает неравномерность раздачи газа по длине. Основная причина возникновения неравномерности – изменение статического давления по длине трубы. При истечении газозвоздушной смеси из трубы через ряд отверстий, скорость внутри трубы и кинетическая энергия постепенно падают, а статическое давление к концу трубы возрастает.

С другой стороны, силы трения вызывают потерю энергии движущейся в трубе газозвоздушной смеси и уменьшают статическое давление по длине трубопровода. Коллекторы горелок, в которых статическое давление в конце перфорированного участка выше, чем в начале, относят к коротким трубам, при расчете которых сопротивлением трения пренебрегают. Как правило, такие коллекторы представляют собой перфорированную трубу, заглушенную с одной стороны. Так как инжекционные горелки частичного предварительного смешения работают на газе низкого давления, то при анализе их работы при расчете течения газозвоздушной смеси в перфорированной трубе принимают ряд допущений – скорость газозвоздушной смеси по сечению коллектора постоянна, а среда является несжимаемой. Из уравнения Бернулли следует, что скорость истечения из отверстия определяется по формуле

$$V_x = \mu \sqrt{\frac{2}{\rho}(P_x - P_H)}, \quad (1)$$

где μ - коэффициент расхода; P_x - статическое давление в рассматриваемом сечении; P_H - давление в окружающей среде.

В конце трубы длиной l ($x = l$) статическое давление составит